

Bioenergiakeskuksen julkaisusarja
(BDC-Publications)
Nro 13

BIODIESELKOULUTUSYMPÄRISTÖN KEHITTÄMISSUUNNITELMA

Heidi Tanskanen





BIODIESELKOULUTUSYMPÄRISTÖN KEHITTÄMISSUUNNITELMA

Heidi Tanskanen

Opinnäytetyö

Toukokuu 2005



**JYVÄSKYLÄN
AMMATTIKORKEAKOULU**

Author(s) TANSKANEN, Heidi	Type of Publication Bachelor's Thesis	
	Pages 35	Language Finnish
	Confidential <input type="checkbox"/> Until _____	
Title DEVELOPMENT PLAN FOR BIODIESEL TRAINING ENVIRONMENT		
Degree Programme Degree Programme in Agriculture and Rural Industries		
Tutor VESISENAHO, Tero		
Assigned by BTN -Bioenergy Technology Transfer Network -project		
Abstract <p>Thesis was ordered by the BTN -project, which is coordinated by Jyväskylä Polytechnic. The general goals of BTN-project are to increase the utilization of bioenergy and efficient transfer of research data and technology for the use all operators in the field of bioenergy and local education.</p> <p>The aim of the thesis was to plan a manufacturing- and training environment for biodiesel and compile a curriculum around the theme of biodiesel.</p> <p>In thesis it was acquainted in biodiesel manufacturing and to the use and current directions of using biodiesel. The equipment and their suppliers for biodiesel manufacturing were also surveyed. The purchasing process was participated, by compiling invitations of bids, reporting the purchasing process and all the reports of the proceedings connected to purchase, according to Jyväskylä Polytechnic's supply instructions. A placement lay-out was also planned for the manufacturing equipment.</p> <p>The manufacturing- and training environment planned will be exploited in demonstrating the manufacturing of biodiesel to students, farmers and decision makers. Under the circumstances the placement of the equipment had to be reasonable for using it in training and demonstration. As a part of this survey a general study of the production of biodiesel was produced.</p>		
Keywords Biodiesel, bioenergy, liquid biofuels, RME, FAME, VOME, REE, rape, turnip rape, canola, diesel, oleiferous plant, esterification, transesterification, oil pressing, biomass crop, methanol, ethanol		

Tekijä(t) TANSKANEN, Heidi	Julkaisun laji Opinnäytetyö	
	Sivumäärä 35	Julkaisun kieli Suomi
	Luottamuksellisuus <input type="checkbox"/> Salainen _____ saakka	
Työn nimi BIODIESELKOULUTUSYMPÄRISTÖN KEHITTÄMISSUUNNITELMA		
Koulutusohjelma Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma		
Työn ohjaaja VESISENAHO, Tero		
Toimeksiantaja(t) BTN - Bioenergy Technology Transfer Network -hanke		
Tiivistelmä <p>Työn tilaajana oli Jyväskylän ammattikorkeakoulun Luonnonvarainstituutin koor- dinoima BTN-projekti, joka on kansainvälinen, EU:n osarahoittama hanke. BTN-projektin yleiset tavoitteet ovat bioenergian käytön lisääminen sekä tutkimustiedon ja teknologian nopea ja tehokas siirto kentän sekä paikallisen koulutuksen käyttöön.</p> <p>Työn tavoitteena oli suunnitella selkeä biodieselin valmistus- ja koulutusympäristö sekä laatia tätä koulutusympäristöä hyödyntävä opetussuunnitelma biodieselaiheen ympäril- le.</p> <p>Työssä perehdyttiin biodieselin valmistukseen, biodieselin käytössä huomioitaviin käy- tännön asioihin ja voimassaoleviin määräyksiin, sekä selvitettiin biodieselin tuotantoon tarvittavat laitteet ja niiden toimittajat. Laitteistojen hankintaprosessiin osallistuttiin laa- timalla Jyväskylän Ammattikorkeakoulun hankintaohjeistuksen mukaiset tarjouspyynn- nöt, tarjousten avaus-, vertailu- ja päätöspöytäkirjat sekä raportti hankintaprosessista. BTN-projektin puitteissa hankittavalle valmistuslaitteistolle tehtiin myös sijoitussuunni- telma.</p> <p>Koulutusympäristöä tullaan hyödyntämään biodieselin valmistuksen ja käytön demon- strointiin mm. opiskelijoille, maanviljelijöille ja päättäjille. Näin ollen sijoituspaikan tuli olla järkevä koulutus- ja demonstroitikäytön kannalta. Osana selvitystä syntyi yleisen tason tietopaketti biodieselin tuotannosta.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Biodiesel, bioenergia, biopolttonesteet, RME, FAME, VOME, REE, rypsi, rapsi, diesel, öl- jykasvi, esteröinti, vaihtoesteröinti, öljynpuristus, peltoenergia, metanoli, etanoli		

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	2
1.1 Biodieselin uusi tuleminen.....	2
1.2 Työn tavoite ja toimenpiteet	4
2 BIODIESEL SUOMESSA JA MUUALLA.....	5
2.1 Direktiivit ja strategiat	5
2.2 Verotus.....	6
2.3 Biodieselin valmistus Suomessa.....	7
2.4 Muita vaikuttavia asioita.....	8
2.5 Biodiesel muualla	9
3 MITÄ BIODIESEL ON?	9
3.1 Rypsin viljely.....	10
3.2 Sadon käsittely	11
3.3 Puristus	12
3.4 Esteröinti.....	13
3.4.1 Käyttöominaisuudet	14
3.4.2 Biodieselin käytössä huomioon otettavaa	15
3.4.3 Tuotannon kannattavuus	17
3.5 Sivutuotteet	17
4 VALMISTUSLAITTEISTO	19
4.1 Laitteistojen hankintaprosessin kuvaus.....	19
4.2 Valittu laitteistokokonaisuus.....	21
4.2.1 Puristin.....	22
4.2.2 Esteröintilaitteisto.....	23
4.3 Laitteistojen sijoitus.....	24
5 OPETUSSUUNNITELMARUNKO.....	27
6 YHTEENVETO	31
LÄHTEET	34
LIITTEET	36
Liite 1. Layout suunnitelma	36

1 JOHDANTO

1.1 Biodieselin uusi tuleminen

Rudolf Diesel kehitti alkujaan nimeään yhä kantavan moottorityypin, josta ensimmäinen toimiva prototyyppi valmistettiin vuonna 1897. Toistakymmentä vuotta myöhemmin Rudolf Diesel totesi: "Dieselmoottoria voidaan käyttää kasvisöljyllä ja se auttaisi huomattavasti sitä käyttävien maiden maanviljelyn kehittämisessä. "Hän myös ennusti, että "Kasvisöljyjen käyttö voi moottoreiden polttoaineena tuntua merkityksettömältä tänä päivänä, mutta senkaltaiset öljyt voivat ajan oloon tulla yhtä tärkeiksi kuin nykypäivän petroli ja kivihiiliterva." (Wikipedia 2005). Tässä ei Rudolf Diesel olisi voinut olla enempää oikeassa, sillä tänä päivänä öljyn hinta on ennätyskorkealla ja ennusteet hintakehityksestä näyttävät vain nousevaa trendiä. Raakaöljyn hintaan vaikuttavat nyt ja tulevaisuudessa mm. Aasian alueen huima talouskehitys, sodat sekä muut epävarmuustekijät öljyntuotantoalueilla. Sen lisäksi hintaan vaikuttavat öljyvarantojen niukkuus ja vaikea hyödynnettävyys. Aivan viime aikoina raakaöljytynnyrin hinta on ollut jo 58 dollarissa ja Kansainvälisen valuuttarahaston arvion mukaan hinta saattaa vielä nousta jopa yli sadan dollarin. (Aro 2005.)

Nyt viimeistään olisi syytä myös Suomessa herätä todellisuuteen ja kannustaa kaikkia aina alkutuotannosta kuluttajiin, tuottamaan sekä käyttämään uusiutuvia polttoaineita, niin liikenteessä kuin lämmityksessäkin. Biodieselin käytön ja valmistuksen osalta kaikki tekniikka viljelystä käyttöön on jo valmiina olemassa. Jokainen viljelijä, joka pystyy tuottamaan viljaa, pystyy myös tuottamaan öljykasveja ja jalostamaan sen itse polttoaineeksi.

Monet maatilat etsivät pelloilleen uutta käyttöä esimerkiksi tilan tuotantosuuntaa muutettaessa. Tällöin viljelijän kannattaa ilman muuta perinteisen rehun ja ruuan tuotannon sijaan tai lisäksi harkita energian tuottamista pelloillaan, eri muodoissa. Öljykasvit soveltuvat erinomaisesti viljatilalle tuotannon monipuolistajaksi ja työhuippujen tasaajaksi. Biodieselin raaka-aineen tuotanto tai valmistus voisi tarjota maanviljelijöille lisätuloja, raaka-aineentuotannosta aina valmiin biodieselin tuotantoon.

Öljykasvien tuotannosta löytyy valtavasti tietoa, taitoa ja kokemusta. Sen sijaan biodieselin tuotannosta ei ole olemassa selkeää opasta, etenkään Suomen kielellä. Tietoa löytyy kyllä paljon, niin tuotannosta kuin käytöstäkin, mutta erityisesti internetistä löytyvä tieto on monenkirjavaa, johon on tutustuttava monipuolisesti ja kriittisesti. Ulkomaisia tietolähteitä tarkastellessa on syytä huomata, että rypsiä (*Brassica rapa*) ja rapsista (*Brassica napus*) puhutaan Euroopan alueella englannin kielessä yleensä yhtenä ja samana kasvina *–rape*. Yhdysvalloissa ja Kanadassa taas puhutaan samoista kasveista usein nimellä *canola*.

Sen lisäksi, että tietoa ei ole tarjolla selkeästi yhdessä lähteessä, on Suomen valtio jarruttanut biodieselin käyttöä ja valmistusta Suomessa jo vuosia verottamalla sitä samaan tapaan kuin rikkiptoista mineraalipohjaista dieselöljyä. Lämmitykseen ja mm. moottorityökoneeksi varustellussa traktorissa käytettynä biodiesel kuitenkin on vapaa polttoainemaksusta, eli tällöin sitä verotetaan samaan tapaan kuin kevyttä polttoöljyä.

Yleensä arvioidaan, että biomassalla on mahdollista korvata tieliikenteessä enintään noin 8 prosenttia nykyisestä bensiinin ja dieselöljyn kulutuksesta, jos biopolttoaineiden tuotantoon käytetään enintään 10 prosenttia maatalousmaasta.

1.2 Työn tavoite ja toimenpiteet

Tämän selvityksen on tilannut opinnäytetyön toteuttajalta Jyväskylän ammattikorkeakoulun Luonnonvarainstituutin koordinoima BTN-Projekti. BTN (Bioenergy Technology Transfer Network) on kansainvälinen, EU:n osarahoittama hanke. BTN-projektin yleiset tavoitteet ovat bioenergian käytön lisääminen sekä tutkimustiedon ja teknologian nopea ja tehokas siirto kentän sekä paikallisen koulutuksen käyttöön.

Tärkein tavoite oli, että tämän opinnäytetyön myötä saadaan suunniteltua selkeä biodieselin valmistus- ja koulutusympäristö sekä opetussuunnitelmarunko biodieselaiheen ympärille. Koulutusympäristöä voitaisiin hyödyntää ensinnäkin koulutukseen ja erityisesti biodieselin valmistuksen ja käytön demonstrointiin mm. opiskelijoille, maanviljelijöille ja päättäjille. Näin ollen sijoituspaikan on oltava järkevä niin valmistuksen kuin koulutuskäytön ja demonstroinninkin kannalta. BTN-projektin puitteissa hankittavalle valmistuslaitteistolle tehtiin sijoitus- ja layout-suunnitelma perusteluineen. Samalla pyrittiin tuottamaan osana opinnäytetyötä tiivis yleisen tason tietopaketti biodieselin tuotannosta ja käytöstä.

Opinnäytetyön ensimmäinen vaihe oli selvittää mahdolliset biodieselin tuotantoon tarvittavat laitteet ja niiden toimittajat. Tässä yhteydessä pohdittiin vaihtoehtona myös esteröintilaitteiston osien omaa rakentamista, osin tai kokonaan. Samalla selvitettiin myös laitteiston sopivuus muiden raaka-aineiden kuin rypsin hyödyntämiseen.

Opinnäytetyössä käsitellään yleisesti biodieseliä, sen valmistusjärjestelmiä, raaka-aineita ja biodieselin tuotantokustannuksia. Lisäksi raportoidaan tämänhetkisestä verotuskäytännöstä sekä muista biodieselin valmistajaa ja käyttäjää koskevista vaatimuksista tai käytännöistä. Samoin selvitetään yleisellä tasolla biodieselin käyttöön liittyviä asioita, kuten moottorin ja polttoainejärjestelmän vaatimuksia.

Työssä sivutaan myös raaka-aineen hankintaa ja viljelyä yleensä. Ensisijaisesti opinnäytetyössä käsitellään RME:n (rypsi / rapsi metyyliesteri) tuotantoa ja käyttöä yleensä, koska rypsi ja rapsi ovat biodieselin valmistuksessa yleisimmät raaka-aineet Euroopan alueella. Suomessa on tuottoisinta viljellä nimenomaan rypsiä tähän käyttötarkoitukseen, ja tästä syystä onkin luontevaa rajata opinnäytetyö raaka-aineiden osalta käsittelemään pääasiassa rypsimetyyli-/etyyliesteriä. Lisäksi rypsillä katsotaan olevan hyvä energiatase, eli sen viljelyyn ja polttoaineeksi jalostamiseen kuluu vähemmän energiaa, kuin mitä siitä saadaan energiaa. Rypsimetyyliesterillä on parempi energiatase kuin esimerkiksi etanoliksi jalostettavalla ohralla. Tässä opinnäytetyössä pohditaan hyödyntämistapoja myös biodieselin valmistuksessa syntyville sivutuotteille.

2 BIODIESEL SUOMESSA JA MUUALLA

2.1 Direktiivit ja strategiat

Biodiesel on kaiken kaikkiaan erittäin ajankohtainen aihe, sillä EU:n liikenteen biopolttoaineiden ja muiden uusiutuvien polttoaineiden direktiivi (2003/30/EY) tähtää siihen, että niiden käytön osuus olisi energiasisällön mukaan laskettuna 2 % vuonna 2005 ja 5,75 % vuonna 2010.

Liikennekäytön sijasta Suomessa on kuitenkin perinteisesti katsottu kustannustehokkaammaksi kasvattaa uusiutuvan energian käyttöä sähkön- ja lämmöntuotannossa ja vähentää kasvihuonepäästöjä sitä kautta. Biopolttoaineiden käytön edistäminen liikennepolttoaineena on Suomessa tehtyjen selvitysten valossa katsottu kalliiksi ja siten päästöjen vähentämisessä kustannustehottomaksi, minkä vuoksi se ei ole ollut mukana Suomen kansallisen ilmastostrategian keinovalikoimassa (Valtioneuvoston kirjelmät eduskunnalle U11/2002 ja U16/2002.) Tästä, ja erityisesti Suomen verotuspolitiikasta johtuen, ovat useat biodieselhankkeet kaatuneet kannattamattomuuttaan Suomessa.

2.2 Verotus

Suomessa biodieselin valmistevero on energiasisällön perusteella laskettuna 15 prosenttia korkeampi kuin fossiilisella dieselöljyllä (Halla 2005). Tämä johtuu siitä, että biodiesel ei kuulu tullitariffin nimikkeeseen 2710 vaan 3824:ään, jolloin sitä verotetaan samaan tapaan kuin rikkiptoista fossiilista dieselöljyä. Verovelvollinen on ensisijaisesti aina biodieselin valmistaja, jonka on rekisteröidyttävä ja tehtävä kirjallinen aloitusilmoitus biodieselin tuotannosta kotipaikan tullille (Halkilahti 2004). Näin on toimittava vaikka valmistaisi biodieseliä vain omaan käyttöön. Käytettäessä biodieseliä lämmityskäytössä, ei valmisteveroa tarvitse maksaa, eikä käytöstä ilmoittaa mihinkään (Solio 2005).

Polttoöljyn käyttämisestä ajoneuvoissa säädetään polttoainemaksulaissa (L 1280/2003), joka on tullut voimaan 1.1.2004. Polttoöljy- ja moottoripolttoöljykäytössä maksetaan valmisteveroja samaan tapaan kuin normaali polttoöljyläkin. Eli maa- ja metsätaloudessa käytettävät traktorit ja erilaiset moottorityökoneet on vapautettu polttoainemaksusta, jolloin niissä käytettävästä biodieselista maksetaan vain tavanomaisen polttoöljyn verotuksen mukaan.

Traktorin polttoainemaksuvelvollisuus määräytyy käyttötarkoituksen mukaan. Rekisteröidystä traktorista ja liikennetraktorista voidaan maksaa aina ennen polttoainemaksun alaiseen ajoon ryhtymistä ns. päivämaksu (5 €), mutta esim. moottorityökoneen polttoainemaksu on 100 € / päivä. Maksetuista veroista ja päivämaksuista on pidettävä kuitti tai tuloste mukana ajossa. (Polttoainemaksu 2005.)

Biodieselistä, jota käytetään polttoaineena autoissa, testipenkissä olevassa moottorissa sekä traktoreissa dieselöljyn tapaan (tuoteryhmä 41) kannetaan perusvero 29,48 snt / l, lisävero 4,76 snt / l ja huoltovarmuusmaksu 0,35 snt / l. Yhteensä 34,59 snt / litra. Kevyen polttoöljyn vastaava vero (tuoteryhmä 51), kannetaan polttoöljy- tai moottoripolttoöljykäytössä seuraavasti: perusvero 1,93 snt / l, lisävero 4,78 snt / l ja huoltovarmuusmaksu 0,35 snt / l. Yhteensä 7,06 snt / litra. (Halkilahti 2004.)

2.3 Biodieselin valmistus Suomessa

Toistaiseksi Suomessa ei ole ollut biodieselin teollista valmistusta, mutta ensimmäinen tehdas valmistunee Porvooseen aiemmin Fortumina tunnetun Neste Oil Oyj:n toimesta kesällä 2007. Neste Oilin tuleva tehdas kuitenkin valmistuessaan tulee ilmeisesti viemään Eurooppaan kaiken valmistamansa biodieselin. Mikäli verotusta huojennetaan niin, että kannattavuus paranee, tulee Neste Oil mahdollisesti lisäämään maksimissaan 2 % biodieseliä Suomessa myytävään mineraalipohjaiseen dieseliin (Niittymaa 2005). Myös Elimäellä on mahdollisesti alkamassa nelivuotinen biodieselhanke, jonka toivotaan tuovan maatiloille lisätuloja ja uusia yrityksiä seudulle (Solio 2005). Voidaankin toivoa, että nämä hankkeet toteutuessaan tuovat kaivattua uskotavuutta ja lisäpotkua kohtuullistamaan biodieselin kohtelua liikennepolttoaineena Suomessa. Nyt Suomessa on tehty lakialoite, jolla tähdätään biodieselin

vapauttamiseen valmisteverosta. Suomessa käytetään biodieseliä moniin muihin EU-maihin verrattuna vähän. Tänä vuonna määrä on arviolta 50 tonnia, kun EU:n direktiivin mukainen tavoitetaso olisi 45 000 tonnia. (Halla 2005).

Suomessa on tällä hetkellä vasta yksi yritys, joka kauppaa valmista biodieselin valmistuspakettia, ja sen lisäksi on useita yritteliäitä (etupäässä) maanviljelijöitä, jotka ovat itse rakentaneet biodiesel-valmistuslaitteistoja ja valmistaneet omaan käyttöönsä biodieseliä rypsiä, sinapista ja käytetyistä paistorasvoista. Näiden lisäksi on myös kourallinen uskalikkoja, jotka käyttävät esteröimätöntä puhdasta rypsiöljyä vanhemmissa dieselmootoreissa.

2.4 Muita vaikuttavia asioita

Eurooppaan saatiin vuonna 2003 biodieselin laatua (FAME) koskeva oma standardinsa, EN 14214. Tätä ennen RME:lle käytettiin (vuodesta 1991) yleisesti Itävaltalaisista standardia, ON C 1190 ja FAME:lle käyttöön otettiin vuonna 1997 oma standardinsa ON C 1991. Vastaava oma standardinsa on myös mm. Yhdysvalloilla (ASTM).

EU:ssa voidaan lisätä kaikkeen myytävään tavanomaiseen dieseliin 5 %:a biodieseliä ilman, että siitä tarvitsee ilmoittaa. Kun seoksessa on enimmillään 5 % biodieseliä, se noudattaa vielä tavanomaisen dieselin standardia EN 590. (Hoeftliger 2005)

2.5 Biodiesel muualla

Euroopassa biodieselin käytössä ja valmistuksessa edelläkävijöitä ovat Ranska ja Saksa. Biodiesel on mm. Saksassa näkyvä polttoaine tavanomaisen dieselin rinnalla. Saksassa biodiesel on ympäristöystävällisyytensä vuoksi veroton polttoaine, siellä biopolttonesteiden osuus on noin 2 %. Saksassa biodieseliä tuotettiin vuonna 2004 850 000 tonnia ja Ranskassa 455 000 tonnia. Vastaavat luvut esimerkiksi Italiassa oli 300 000 t, Tanskassa 30 000 t ja Ruotsissa 1000 t. (Hoeftliger 2005) Ranskassa biodieselin käytön osuus dieselistä on noin 5 %. Siellä biodiesel on yleensä sekoitettu eli plendattu suoraan myytävään tavanomaiseen dieseliin. (Solio 2005.) EU- maissa on eroja veronhuojennusten suuruuksissa ja sen myötä myös biopolttonesteiden käytössä. Ruotsissa RME on veroton polttoaine (Skatter på fordon och drivmedel 2005). Siellä on otettu myös erilaisia kannustimia käyttöön biodieselin käytön edistämiseksi. Esimerkiksi yrityksille myönnetään investointitukia (30 %) ja veronalennuksia niiden hankkiessa biopolttaineita käyttäviä autoja.

3 MITÄ BIODIESEL ON?

Biodieseliä voidaan valmistaa kaikista kasviöljyistä, käytetystä paistorasvasta ja eläinrasvoista. Tutkituimmat ja yleisimmin käytetyt ovat rypsi-, rapsi- ja soijaöljystä valmistetut kasviöljyesterit. Biodieselistä puhutaan usein sen kemiallisella nimellä FAME (Fatty acid methyl ester eli rasvahappo metyyliesteri), jolla tarkoitetaan kaikkia esteröityjä öljyjä tai rasvoja.

Kasviöljyt ovat periaatteessa suoraan käyttökelpoisia vanhemmissa dieselmoottoreissa, mutta öljyn ominaisuudet saadaan lähelle kesälaatuisen diesel-

öljyn arvoja, kun öljy esteröidään metanolilla tai etanolilla. Esteröintireaktioon tarvitaan alkoholin lisäksi katalyytiksi kalium- tai natriumhydroksidia. Biodieselillä voidaan korvata fossiilinen dieselöljy tavallisessa dieselmoottorissa kokonaan tai seoksena dieselöljyn kanssa kaikissa suhteissa. On kuitenkin huomattava, että jokaisella ajoneuvovalmistajalla on omat suosituksensa biodieselin käytöstä.

3.1 Rypsin viljely

Rypsi (*Brassica rapa*), kuten muutkin öljykasvit, on erinomainen viljelykierron monipuolistaja viljatililla. Rypsillä on huomattava esikasviarvo ravinteikkaitten ja vahvojen, maata kuohkeuttavien juuriensa ansiosta. Rypsin viljelyyn riittää tavanomainen viljatilalla kalusto, ja asiantuntemusta ja neuvoja viljelyyn löytyy valtavasti. Öljykasveilla on myös mahdollista tasata tilan työhuippuja.

Rypsi viihtyy parhaiten kivennäismailla, joiden pH on 6 - 6,5. Se menestyy hyvin vielä Oulun korkeudella saakka. Sen kasvuaika on noin 105 päivää, joka vastaa noin 950 - 1000 asteen tehoisaa lämpötilasummaa. (Öljykasvinviljelijän opas 2005.) Rypsiä kannattaa viljellä samalla loholla noin joka neljäs vuosi, jolloin ehkäistään hyvin sen tauteja ja pystytään hyödyntämään sen esikasviarvo muille kasveille. Rypsi kylvetään harvaan, matalaan ja lämpimään maahan. Kylvösiemenen itävyvyydestä, tuhannen siemenen painosta ja kasvu- paikasta riippuen kylvömäärät vaihtelevat yleensä 3 - 8 kg / ha. Nykyisillä kevätrypsilajikkeilla päästään helposti yli 2 000 kilon hehtaarisatoihin.

Syksyllä 2005 on tulossa kauppaan uusi sadoltaan ja öljyntuottokyvyltään huomattavasti aiempia lajikkeita satoisampi SW Petita (linjanumero SW F3164). MTT:n virallisten lajikekokeiden mukaan sen öljysato on ollut keski-

määrin 908 kg / ha, jolloin sadon kuiva-aineessa on ollut öljyä 47,8 %. SW Petitan öljysato on ollut jopa 20 %:a muita lajikkeita suurempi. SW Petitan sadot ovat jo rapsinkin (*Brassica napus*) kanssa samalla viivalla. Perinteisemmistä rypsilajikkeista esimerkiksi Valon öljysato on ollut hehtaarilla keskimäärin 761 kg. Biodieselin valmistuksen kannalta on luonnollisesti aina parempi, mitä suurempi on öljynsaanto. Kiinnostus on kasvanut myös syysrypsin viljelyyn hyvien satojen ansiosta ja lisäksi siitä syystä, että sen kylvö sekä korjuu tapahtuvat jo heinäkuulla.

Rypsin viljely elintarvikkeeksi kilpailee kannattavuudessa mm. rehuohran kanssa, jo ilman esikasviarvon huomioimista. Tämä kuitenkin edellyttää laadukasta satoa. Viljoihin verrattuna öljykasvien sadon pienempi massa säästää kuivaus- ja varastointikustannuksia. Siemenrikkakasvien torjunta on ollut yksi rypsin viljelyn suurimmista ongelmista, mutta siitäkin selvitään, kun torjunta suunnitellaan etukäteen.

3.2 Sadon käsittely

Rypsi puidaan yleensä 20 - 25 %:n kosteudessa. Koska rypsi ei ole erityisen herkkä varisemaan, voidaan viljat puida ja kuivata ennen rypsin korjuuta. Puinnin jälkeen kuivaus on aloitettava hetimiten, koska puintikostea siemen alkaa kuumentua nopeasti. Jos sato on epätasaisesti tuleentunutta, voidaan rypsiä esikuivata kylmällä ilmalla, jolloin tapahtuu vielä jälkituleentumista (Öljykasvinviljelijän opas 2005). Liian kuumalla ilmalla kuivauksessa on riskinä siemenen kuoleminen, jolloin öljy alkaa härskiintyä. Rypsin siemenet tulisi ennen öljyksi puristamista lajitella hyvin rikoista, roskista ja erityisesti kivistä. Puristuksen kannalta siementen kosteus tulisi olla 7 - 9 %.

3.3 Puristus

Rypsin siementen öljypitoisuus on lajikkeesta ja mm. kasvupaikkatekijöistä riippuen 30 - 48 %. Puristettavan siemenen tulisi olla kosteudeltaan alle 9 %. Mikäli siemen puristetaan liian märkänä, joudutaan vettä tislamaan öljystä pois.

Markkinoilla on yleisimmin tarjolla kylmäpuristuslaitteita, jotka ovat yksinkertaisia ruuvipuristimia. Puristustekniikoita lienee yhtä paljon kuin öljynpuristajiakin. Öljynsaanto on kylmäpuristuksessa rypsillä ollut keskimäärin 20 - 30 %. Hyttisen (1997) mukaan kylmäpuristuksessa, jolloin öljyn lämpötila ei nouse yli 40 asteen, voidaan ruuvipuristimella saada 7 %:n kosteudessa olevan siemenerän öljymäärästä talteen noin 70 - 77 %. Ruuvipuristimella saantoa voidaan parantaa ainakin esilämmittämällä siemeniä tai yksinkertaisesti puristamalla siemenmassa kahteen kertaan. Esimerkiksi Eko Esko Oy:llä toteutettiin puristus niin, että ensimmäisen puristuksen jälkeen jäävä puriste tippui suoraan toiseen puristimeen. Näin saatiin saantoa parannettua, kun siemenmassa lämpeni ensimmäisessä puristuksessa noin 40 asteeseen. (Peltokangas 2005). Suuremmilla elintarvikeöljypuristamoilla käytetään kylmä- tai kuumapuristuksen lisäksi usein vielä uuttoja, jossa liuottimen avulla erotetaan tarkasti siemenmassasta loppu öljy. Uuttamalla öljy voidaan erottaa jopa 98-prosenttisesti (Hyttinen 1997).

Markkinoilla on nyt myös pienehkön kokoluokan puristimia, joissa voidaan puristuslämpötilaa säätää. Mikäli puristuksessa syntyvä ”jäte” halutaan hyödyntää valkuaisrehuna, on valkuaisen säilymisen vuoksi pidettävä puristuslämpötila alle 60 asteen (Solio 2005). Lämminpuristuksella öljystä saadaan parhaimmillaan 98 %:a talteen (Hyttinen 1997).

3.4 Esteröinti

Esteröinnistä puhuttaessa tarkoitetaan vaihtoesteröintiä. Täsmällisempi termi puhuttaessa alkoholin ja esterin reaktiosta on alkoholyysi, mutta biodieselin valmistusta käsittelevässä kirjallisuudessa käytetään yleisesti termiä vaihtoesteröinti (Hyttinen 1997). Esteröintiprosessissa katalyytin ja alkoholin avulla öljy krakataan, eli pilkotaan triglyseridit, jolloin niistä syntyy yksinkertaisempia metyyliestereitä ja glyserolia, jotka eivät sekoitu keskenään. Glyseroli erottuu pohjalle ja biodiesel pinnalle. Esteri on siis orgaaninen yhdiste, joka muodostuu hapon ja alkoholin välisessä reaktiossa.

Esteröinnissä voidaan alkoholina käyttää metanolia tai etanolia, näistä metanoli on edullisempi ja useiden lähteiden mukaan sillä saavutetaan vakaampi esterointireaktio. Metanoli valmistetaan hiilestä, maakaasusta tai puusta, useimmiten se on fossiilinen alkuperältään. Etanoli taasen on valmistettu yleensä viljasta tai sokerista.

Katalyyttinä käytetään puhdasta natriumhydroksidia NaOH tai kaliumhydroksidia KOH. Näistä NaOH on edullisempi vaihtoehto. Tarvittavan katalyytin määrä voidaan selvittää pH:n avulla tai tekemällä pieniä koe-eriä. Reaktion onnistumiseksi on jokainen öljyerä testattava erikseen. Jos katalyyttiä käytetään liian vähän biodieseliin jää glyserolia ja mikäli katalyyttiä on käytetty liikaa, niin biodiesel geeliintyy (Solio 2005). Prosessissa tarvittavat metanoli ja natriumhydroksidi voidaan hankkia esim. maatalouskaupasta tai suuremmissa erissä kemikaalien jakeluun erikoistuneilta yhtiöiltä.

Biodieselin pesulla tarkoitetaan veden avulla tapahtuvaa lopputuotteen neutralointia ja puhdistusta. Ilman vesipesua biodieselin pH on noin 9, mutta pesun avulla päästään pH arvoltaan 7 – 8:aan ja puhtaampaan laatuun. Tällä

toimenpiteellä saadaan erotettua myös biodieseliin mahdollisesti jääneet saippuat sekä metanolin ja katalyytin jäämät. (Solio 2005.) Vesipesu suositellaan tehtäväksi silloin jos biodieseliin on jäänyt selvä maitomainen kerrostuma (saippuaa) tai, jos biodieseliä käytetään polttoainejärjestelmässä, jossa on kumisia tiivisteitä tai letkuja. Pesun avulla voidaan saavuttaa laatustandardin mukaista polttoainetta. (Tickell 1999, 71.)

On suositeltavaa vielä suodattaa biodiesel ennen sen käyttöä dieselmoottorissa, huolimatta siitä onko käytetty vesipesua tai ei. Tähän käytetään vähintään 10 mikronin erityissuodatinta ja vedenerotus systeemiä. Tällaisella järjestelmällä on varustettu suurin osa diesel ajoneuvoista, näin saadaan kaksinkertainen suojaus epäpuhtauksien ja veden varalle.

3.4.1 Käyttöominaisuudet

Esteröimällä rypsiöljyn ominaisuudet saadaan muunnettua lähelle kesäläatuista mineraaliöljypohjaista dieselöljyä (taulukko 1). Biodieselin kylmäominaisuuksia voidaan parantaa lisä-aineistuksella. Pakkasenkestävyyttä voidaan Solion (2005) kokemusten mukaan parantaa jäädyttämällä biodiesel, jolloin astian pohjalle kertyy peroksidia ja pinnalta kerätään biodiesel talteen. Näin saadaan jopa – 17 °C astetta kestävää biodieseliä.

Biodieselin varastointistabiilius on melko heikko. Sitä voidaan varastoida yleensä 6 – 12 kk. Tämä johtuu siitä että se on herkkää hapettumaan ja näin ollen ajan myötä rasvana härskiintyy. Se on herkkä myös hydrolysoitumaan. Varastointistabiiliuteen vaikuttaa suuresti biodieselin laatu ja varastointi olosuhteet. (Hyttinen 1997.)

TAULUKKO 1. Biodieselin (EN 14214) ja DIKC Futura kesälaatu -5 vertailu

Ominaisuudet	Yksikkö	Biodiesel	DIKC
Tiheys (15°C)	g/cm ³	0,86-0,90	0,82-0,845
Viskositeetti (40°C)	mm ² /s	3,5-5,0	2-4,5
Suodatettavuus CFPP	°C kesä/talvi	0 / -8	0,666666667
Leimahduspiste	°C	min 120	60
Kokonais rikkiipitoisuus	% massasta	max 0,02	0,005
Hiiltojäännös		max 0,02	0,3
Setaaniluku	% massasta	min 51	51
Tuhkapitoisuus	% massasta	max 0,02	0,01
Glyseriinipitoisuus	% massasta	max 0,25	-
Metanolipitoisuus	% massasta	max 0,20	-

3.4.2 Biodieselin käytössä huomioon otettavaa

Ennen biodieselin käyttöä polttoaineena on aina syytä tarkistaa ajoneuvon tai moottorin valmistajan takuuehdot käytettäessä biodieseliä. Laadukastakin biodieseliä käytettäessä saattaa ongelmia aiheuttaa sen dieseliä parempi liuotuskyky, jolloin polttoainejärjestelmän kumiset tiivisteet ja letkut saattavat turvota ja haperoitua ajan myötä. Varmoja valintoja tiiviste ja letkumateriaaleiksi on ainakin Viton-kumi ja nitrilikumi. Liuottavan vaikutuksensa vuoksi biodiesel saattaa vahingoittaa myös maalipintoja.

Verrattaessa RME:tä dieseliin voidaan listata muutamia haittavaikutuksia tai ongelmia vielä polttoainejärjestelmän materiaalivalintojen jälkeen.

- Kulutus n. 5 - 10 % suurempi kuin dieselillä
- Typpioksidipäästöt ovat joissakin tapauksissa n. 3 – 10 % suuremmat
- Talvikäytössä sellaisenaan suodatettavuus raja yleensä – 20 °C
- Lievä karstoittuminen
- Pitkäaikainen varastointi on ongelmallista

- Toistaiseksi ei laajamittaista valmistusta, heikko kilpailukyky korkeiden valmistuskustannusten ja verotuksen vuoksi.
- Rajallinen peltoala. (Tanskanen 2003.)

Biodieselin etuja tavanomaiseen dieseliin verrattuna sekä muita hyviä puolia on haittoja enemmän.

- Hiilidioksidineutraali (CO_2 kierto), hiilivetyjä (HC) n. 30 % vähemmän, hiilimonoksideja (CO) n. 5 - 30 % vähemmän, ei rikkidioksidipäästöjä
- Oleellisesti pienemmät PAH –päästöt
- Savutus vähenee
- Hyötysuhde samaa luokkaa kuin dieselöljyllä
- Lämpöarvo samaa luokkaa kuin dieselöljyllä, sama teholuokka säätöjä muuttamatta
- Ei vaadi yleensä muutoksia moottoriin, monet moottorinvalmistajat ovat huomioineet RME:n käytön etukäteen, jolloin polttoainejärjestelmän materiaalejakaan ei tarvitse vaihtaa.
- Parempi viskositeetti
- Seoskäyttö tavallisen dieselin kanssa mahdollista kaikissa suhteissa
- Tankattavuus ja jakelu ongelmaton – ei niin tulenarkaa eikä haihtuvaa
- Myrkytön, ei aiheuta iho- tai hengitystievaiveuksia
- Valmistuksessa syntyvät sivutuotteet voidaan hyödyntää ja mm. valkuaisomavaraisuutta parantaa
- Uusiutuva ja luonnossa nopeasti hajoava kotimainen polttoaine
- Tarjoaa ei ruokatuotantomahdollisuuden pelloille. (Tanskanen 2003.)

3.4.3 Tuotannon kannattavuus

Tuotannon kannattavuuteen vaikuttavat tekijät vaihtelevat kaikki suuresti. Tällä hetkellä näyttää siltä, että jopa ilman verohelpotuksiakin on mahdollista tuottaa biodieseliä taloudellisesti kannattavasti verrattaessa tuotannon kustannuksia tämän hetkisiin erittäin korkeisiin mineraaliöljypohjaisten polttoainneiden hintoihin. Limetti Oy:n laskelmien mukaan biodieselin tuotantokustannus litralle on 27 sentin luokkaa ilman rypsiöljyn osuutta (Solio 2005). Tällöin tuotantokustannus ja verot olisivat normaali diesel-käytössä n. 61,6 snt / l ja polttoöljykäytössä n. 34 snt / l. Rypsiöljylle laskettava hinta määräytyy joko tuotantokustannusten tai rypsin maailmanmarkkinahinnan mukaan. Elintarvikekäyttöön puristamoille myytäessä rypsin hintaa saattaa tiputtaa dramaattisesti sadon laatu ja rahtikustannukset. Kustannuksiin vaikuttaa myös tämän hetkiset viljelyn EU-tuet ja esimerkiksi kylvösiemenen hinta. Tuotannon kannattavuuteen vaikuttaa nostavasti luonnollisesti lisäksi biodieselin valmistuksessa syntyvien sivutuotteiden myynnistä tai käytöstä saatava hyöty. Viime aikoina rypsirouheesta on saanut paremman tuoton kuin itse siemenen myynnistä. Tuotannolle antaa taloudellista lisäarvoa vielä lisäksi mm. rypsin esikasviarvo ja sen viljelyn työhuippuja tasaava vaikutus.

3.5 Sivutuotteet

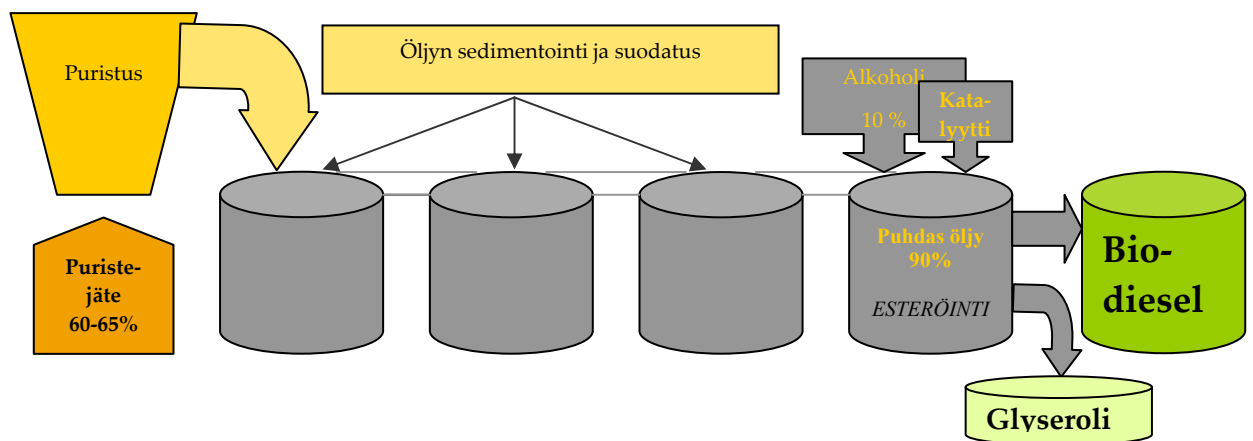
Biodieselin valmistuksen kannattavuutta voidaan parantaa huomattavasti, kun hyödynnetään öljynpuristuksessa syntyvä puriste tai rouhe valkuaisrehuna. Rypsi rouheesta on maksettu viime aikoina enemmän kuin mitä itse siemenestä saadaan. EU tuo tällä hetkellä ulkoa vuosittain noin 30 miljoonaa tonnia öljykasveja pääasiassa eläinten rehuksi (KOM 2001). Suomessa valkuaisrehuomavaraisuus on ollut vain 10 – 14 %:n luokkaa.

Rypsirouheen suhteellisen korkea kuitupitoisuus, 12 prosenttia kuiva-aineesta, tekee rypsin sopivammaksi märehitijöiden kuin yksimahaisten rehuihin. Nautojen täydennysvalkuaiseksi rypsi sopii erinomaisesti myös aminohappo-koostumuksensa puolesta. Lypsylehmien ruokinnassa histidiini on ensimmäinen rajoittava aminohappo, histidiiniä rypsissä on runsaasti. Sioille rypsirouhe on myös erinomainen valkuaisrehu, kun siihen lisätään lysiiniä. (Aaltonen 2001.)

Jos puristetta ei käytetä rehuksi, voidaan öljy puristaa niin kuumalla, että puristeena jää vain erittäin kuivaa jauhoa. Puriste voidaan levittää lannoitteena peltoon, kompostoida tai polttaa sellaisenaan.

Rypsin viljelyssä syntyy olkimassaa, joka voitaisiin hyödyntää myös polttamalla. Rypsin korsisato on keskimäärin 1945 kg / ha ja sen energiamäärä on 25 %:n kosteudessa noin 7 MWh / ha (Alakangas 2000, 102).

Esteröintiprosessin sivutuotteena syntyy epäpuhdasta glyserolia, joka voidaan edelleen hyödyntää. Prosessissa syntyy glyserolia suunnilleen saman verran kuin metanolia on syötetty prosessiin (kuvio 1). Glyseroli voidaan hyödyntää mm. polttamalla se raskaan polttoöljyn joukossa, käyttää rehuna, tai jos biodieseliä valmistetaan paljon, kannattaa yrittää myydä glyseroli sitä hyödyntävälle teollisuudelle. Glyseroli voidaan myös kompostoida. Glyserolia voidaan käyttää saippuana sellaisenaan, kun annetaan sen ensin seistä viikon verran avoimessa astiassa, jotta siitä haihtuu loppu alkoholi. Se on erinomaista öljyisten käsien ja välineiden puhdistukseen. (Tickell 1999, 87.)



KUVIO 1. Biodieselin valmistuksen periaate (Tanskanen 2003).

4 VALMISTUSLAITTEISTO

4.1 Laitteistojen hankintaprosessin kuvaus

Öljynpuristimen ja esteröintilaitteiston hankinnan esiselvityksen lisäksi tämän opinnäytetyön osana tehtiin hankintaan liittyvät tarjouspyynnöt sekä pöytäkirjat Jyväskylän ammattikorkeakoulun hankintaohjeistuksen mukaisesti.

Laitteiden toimittajia etsittiin ensin internetin avulla ja osin alan toimijoiden vinkkien perusteella. Toimittajien kartoitukseen käytettiin noin kolme viikkoa ja samalla kerättiin aineistoa opinnäytetyötä varten.

Esteröintilaitteistot

Suomessa on ainoastaan yksi yritys, joka tuo maahan esteröintilaitteistoa ja alkaa valmistaa myös omaa laitteistoa. Tavoitteena oli löytää myös Euroopan alueelta vastaavia toimittajia. Haettua kokoluokkaa ei kuitenkaan löytynyt

kuin Yhdysvalloista. Aikataulun kireyden ja hankinnan kokonaistaloudellisuuden kannalta katsottiin, ettei ole tarkoituksenmukaista pyytää tarjouksia Yhdysvalloista saakka.

Euroopan alueelta ei löytynyt maatilakokoluokan laitteistoja. Sen sijaan tarjolla oli erittäin mielenkiintoisia jatkuvatoimisia laitteistoja, joista pienimmällä voitiin tuottaa 400 litraa valmista biodieseliä vuorokaudessa. Eli mikäli harkitsee tuottavansa biodieseliä ympärivuotisesti ja jopa pääelinkeinona, niin vaihtoehtoja on runsaasti tarjolla. Useat yritykset tarjosivat tekniikkaa myös varsinaisille biodieseltehtaille.

Esteröintilaitteisto olisi ollut mahdollista valmistaa myös itse, siihenkin löytyy ohjeita ja vinkkejä internetistä ylen määrin. Valmiissa esteröintilaitteistossa on etuna tietenkin helppous ja selkeys. Periaatteessahan esteröinti voidaan suorittaa vaikkapa kasvinsuojeluruiskun säiliössä. Biodieselin laatuun vaikuttaa eniten onnistunut reseptiikka ja se, kuinka hyvin eri faasit saadaan erotettua toisistaan.

Öljynpuristimet

Pienen kokoluokan öljynpuristimia myy tai valmistaa tämän selvityksen mukaan vain neljä yritystä Suomessa. Yritykset olivat Oy Agroeksa, Eko Esko Tmi, Ekolaiho Oy ja Limetti Oy. Euroopan alueelta yritettiin löytää samankaltaisia toimittajia, mutta laihoiin tuloksin.

Näihin neljään yritykseen oltiin ensin puhelimitse yhteydessä ja varmistettiin heidän tarjoamiensa laitteiden soveltuvuus suunniteltuun käyttöön. Tämän jälkeen lähetettiin kolmelle toimittajalle tarjouspyynnöt tietyistä puristin- ja esteröintilaitteistoista. Yksi öljynpuristimen toimittajista ei halunnut antaa tar-

joustaan kirjallisesti, joten se saatiin puhelimitse, ja tarjoajien vähäisyyden vuoksi hyväksyttiin mukaan tarjouskilpailuun.

Valintaperusteet

Tuotteiden valintaperusteina käytettiin hinnan lisäksi tarjottujen tuotteiden käyttöominaisuuksia. Tämä siitä syystä, että tarjolla olevissa laitteissa ei ollut täysin samanlaisia tuotteita yhtään, vaan kaikki olivat melko yksilöllisiä.

Kolme neljästä puristimesta oli yksinkertaisia ruuvipuristimia, joissa ei ollut kuumapuristusmahdollisuutta. Yhdessä, joka lopulta myös valittiin, oli erilainen puristustekniikka ja myös puristuslämpötilan säätömahdollisuus.

Tarjouksen valintaan vaikutti eniten tarjottujen tuotteiden käyttöominaisuudet, kuten tuotantokapasiteetti. Koska öljynpuristin ja esteröintilaitteisto tulevat koulutuskäyttöön, on laitteistojen selkeys, monipuolisuus, kestävyys ja toimintaperiaatteet tärkeitä valintaperusteita. Laitteiden toimintavarmuus, käyttötuki ja kokonaistaloudellisuus vaikuttivat myös valintaan. Laitteistot saatetaan sijoittaa mahdollisesti jollekin yhteistyömaatilalle, joten myös tästä syystä pyrittiin valitsemaan öljynpuristimista ja esteröintilaitteista käytön ja tuotantokapasiteettien osalta tasapainoinen kokonaisuus. Mikäli laitteistoa tullaan käyttämään paljon biodieselin valmistukseen, on tärkeää, että tuotanto onnistuu mahdollisimman tehokkaasti ja vähällä työllä.

4.2 Valittu laitteistokokonaisuus

BTN-hanke päätti hankkia öljynpuristimen ja esteröintilaitteiston Limetti Oy:ltä. Valitut laitteistot muodostavat tuotantokapasiteettien osalta tasapainoisen ja toimivan kokonaisuuden. Limetti Oy on ainoa yritys Suomessa, joka tuo maahan valittuja laitteistoja.

4.2.1 Puristin

Puristin on kiinalaisvalmisteinen ja eroaa muista säätömahdollisuuksiensa ja puristustekniikkansa ansiosta. Sillä voidaan puristaa tunnissa noin 30 - 80 kg siementä. Siinä on 7-osainen ruuvi, joka puristaa siemenmassaa sivuille. Tämä ja puristuslämpötilan säätömahdollisuus mahdollistavat paremman hyötysuhteen kuin kylmäpuristustekniikkaa hyödyntävät, päähän puristavat yksinkertaiset ruuvipuristimet. Siinä on myös kuluvien osien vaihtomahdollisuus, joka pidentää olennaisesti laitteiston ikää ja alentaa puristimen käyttökustannuksia pitkällä tähtäimellä.

Siemenet syötetään puristimelle käsin sen päädyssä olevaan syöttösuppilon (Kuvio 2). Syöttö olisi parhaimmillaan, kun se noudattaisi puristimen kapasiteettia. Puristuslämpötilaa voidaan säätää portaattomasti jopa 160 asteeseen saakka. Myös tällä puristimella voidaan siemenmassa puristaa kahteen kertaan. Rouhe tulee puristimesta ulos levymäisenä, joten sellaisenaan se saattaa tukkeuttaa syöttösuppilon. (Solio 2005.) Tähän tarkoitukseen voidaan kuitenkin soveltaa ruuvikuljetinta tai käsitellä rouhetta niin, ettei se tukkeuta syöttösuppiloa. Puristin painaa noin 640 kg ja sen leveys on noin 240 cm, korkeus 140 cm ja syvyys 90 cm (Solio 2005).



KUVIO 2. Öljynpuristin (Kuva: Limetti Oy)

4.2.2 Esteröintilaitteisto

Valittu esteröintilaitteisto Fuel Meister 150 LE (kuvio 3) on valmistettu Yhdysvalloissa ja sen sähkölaitteet on muunneltu meille Suomeen sopiviksi Isossa-Britanniassa. Sen panoskoko on 150 litraa, jolloin valmista biodieseliä saadaan kerralla noin 120 litraa. Laitteistolla voidaan valmistaa myös puolikas erä. Esteröintiprosessi tapahtuu tällä laitteistolla kokonaisuudessaan 24 tunnissa, työnmenekki yhtä erää valmistettaessa jää noin yhteen tuntiin. Tässä mallissa on vain kaksi tankkia tilan ja kustannusten säästön vuoksi. Suurempi tankki on varsinainen reaktiotankki, joka täytetään tarvittavalla määrällä öljyä, ja pienempi tankki täytetään tarvittavalla määrällä alkoholi-katalyyttiseosta.



KUVIO 3. Esteröintilaitteisto Bioenergiakeskuksessa

4.3 Laitteistojen sijoitus

Laitteistojen sijoituksessa on huomioitava niiden käyttö koulutukseen ja demonstrointiin. On huomioitava myös työturvallisuus, kun käsitellään helposti syttyviä ja syövyttäviä kemikaaleja, jotka myös ärsyttävät limakalvoja ja ihoa. Laitteistojen ympärille tarvitaan työskentelytilan lisäksi riittävästi tilaa myös valmistusprosessiin tutustuville kurssilaisille.

Esteröintilaitteisto on oltava lämpimässä ja hyvin ilmastoidussa tilassa. Se tarvitsee 1,5 m x 0,6 m lattiatilan. Tilaa on varattava myös kolmelle suurelle tynnyrille, joista yksi raaka-aineelle, yksi valmiille biodieselille ja yksi glyserolille. Lisäksi tarvitaan 240 VAC / 13 A pistorasia, jossa on GFI-suojaus. Prosessorin sijoituspaikalle tulee ohjata myös hanallinen vesiletku, biodieselin mahdollista vesipesua varten. Vesipesua käytettäessä prosessorista tuleva pesuvesi kannattaa ohjata letkulla viemäriin. On suositeltavaa tehdä esteröintilaitteiston alle sellainen turva-allas, johon mahtuu vuodon sattuessa tankkien koko sisältö.

Puristin tarvitsee lattiapinta-alaa myös reilusti, sen leveys on 240 cm, syvyys 90 cm ja korkeus 140 cm. Puristimen sijoituksessa on huomioitava sen tarvitsema reilu työskentelytila. Siementen syöttö puristimelle tapahtuu ainakin alkuvaiheessa käsin, mutta jos sen sijoituspaikka jää kiinteäksi ja käyttö on jatkuvaa, kannattaa sille kehittää oma automaattinen täyttöjärjestelmä esimerkiksi suoraan siilosta ruuvikuljettimella. Sille on varattava kolmivaiheinen, 16 ampeerin pistorasia. Laitteistot ja tynnyrit on hyvä pitää kuormalavoilla, jolloin niiden siirtely on vaivatonta pumppukärryllä tai trukilla.

Sijoituspaikkavaihtoehtoina tarkasteltiin lähinnä Tarvaalan koulutilaa ja Bioenergiakeskuksen tiloja Kolkanlahdessa. Aluksi mietittiin laitteiston sijoitusta myös jollekin yhteistyömaatilalle. Tämä vaihtoehto kuitenkin suljettiin pois siitä syystä, että sillä olisi saatettu vääristää kilpailua ja toisaalta on helpointa kun laitteistot sijaitsevat oppilaitoksen alueella. Koska kyseessä on varsin arvokkaat laitteistot, on parasta myös vastuukysymysten vuoksi, että ne pysyvät oman koulutusyksikön alueella ja sen osaavan henkilöstön käytössä ja valvonnassa.

Tarvaalan koulutilalla on kuivurin yhteydessä vapaata kylmää tilaa, jonka yläpuolella on valmiit siilot, joista saisi suoraan rypsin siemenen puristimelle.

Puristimen kannalta tämä olisikin hyvä sijoituspaikka. Tila olisi kuitenkin saatava lämpimäksi, jotta siellä voitaisiin puristaa ympärivuotisesti. Kyseiseen tilaan ei kuitenkaan edes mahtuisi samanaikaisesti puristin, esteröintilaitteisto ja tarvittavat tynnyrit. Myös koulutuskäytön kannalta tila olisi liian ahdas.

Laitteistojen parhaaksi kiinteäksi sijoituspaikaksi osoittautunee Bioenergiakeskuksen yhteydessä oleva hallitila. Hallitilasta on käytettävissä biodiesellaitteistolle korkeaa, lämmintä tilaa noin 50 m². Hallissa on myös koneellinen ilmanvaihto ja mahdollisuus mm. pakokaasujen poistoon. Tämä on myöhempää mahdollista biodieselin testikäyttöä ajatellen hyvä lisä ja sillä voidaan myös poistaa tehokkaasti kemikaalien sekoituksessa syntyvät kaasut. Suuret ulko-ovet mahdollistavat esimerkiksi tynnyreiden siirtämisen traktorilla. Liitteessä 1 on kuvattu yksinkertaistetusti miten laitteistot sijoitetaan varattuun tilaan. Bioenergiakeskuksella tulee olemaan käytössään myös trukki, jolla voidaan siirtää ja nostaa noin 800 kilon kuormia. Hallista löytyy myös pumppukärky.

Puristimen sijoituksessa Bioenergiakeskukseen on ongelmana raaka-aineen saanti puristimelle. Koska siellä ei ole valmiina silloa siemenille, on tällöin erikseen suunniteltava siihen joko pieni varastosilo tai esimerkiksi erillinen kuljetin ulkoa suoraan puristimelle. Tilan vähyyden ja logistiikan kannalta on järkevintä sijoittaa mahdollinen raaka-ainesilo hallin ulkopuolelle ja kehittää sille oma ruuvikuljetin, joka tuo siemenen halutulla nopeudella suoraan puristimelle. Ruuvikuljettimen olisi hyvä olla sellainen, että sillä saataisiin myös siirrettyä siemen suoraan esim. traktorin peräkärystä puristimelle.

Myös esteröintiprosessissa tarvittaville kemikaaleille on varattava hyvin ilmastoitu, suojaisa ja lukittava varastotila. Tähän voidaan hyödyntää Bioenergiakeskuksen pihalla olevaa katosta, joka on lukittava.

Saarijärven seudulla on ollut viljelijöillä kiinnostusta vuokrata puristinta ja esteröintilaitteistoa. Molemmat laitteet onkin helposti siirrettävissä, mutta edellytyksenä on, että laitteiden mukana kulkisi käytön hallitseva henkilö. Niin puristin kuin esteröintilaitteistokin ovat niin arvokkaita laitteita, ettei niitä voida vain vuokrata eteenpäin käyttöön. Laitteistoja vuokrattaessa tai liikuteltaessa on vastuukysymykset pohdittava tarkkaan, sillä kaikesta huolellisuudesta huolimatta on vaarana sattua vahinkoja laitteille ja jopa ihmisille.

5 OPETUSSUUNNITELMARUNKO

On todettu, että biodieselaiheen koulutukselle on tarvetta ja valtavasti kiinnostusta. Jyväskylän ammattikorkeakoulun Luonnonvarainstituutilla on tällä hetkellä suunnitteilla biopolttoainejalosteet opintojakso, jossa biodieselaiheen opetukseen on varattu yksi opintoviikko, jolloin siihen olisi käytettävissä 2 - 4 päivää. Tätä opintojaksoa ja mahdollisesti tulevia kursseja varten on suunniteltu tässä kolmepäiväinen kokonaisuus opetussuunnitelmarungoksi. Tämä opetussuunnitelmarunko on hahmoteltu täysin tämän opinnäytetyön toteuttajan omien kokemusten ja oman opiskelijanäkökulman pohjalta.

Opetuksessa tulisi ottaa tavoitteeksi, että opiskelijoille syntyisi kokonaisvaltainen kuva biodiesel-aiheesta valmistuksen ja käytön osalta. Kurssilla olisi hyvä myös tuoda esiin tuotannon mahdollisuudet yrittäjän näkökulmasta. Biodieselin tuotantoon liittyy monenlaisia liiketoiminta-mahdollisuuksia, joita tulisikin korostaa erityisesti viljelijöille lisäänsainta-mahdollisuuksina. Liian usein biodieselistä tai muista uusiutuvista polttoaineista puhuttaessa keskitytään tuotannon ja käytön ongelmiin siinä määrin, että lopulta kuulijoille ei jää enää kovin positiivista kuvaa kokonaisuudesta. Toivottavaa olisikin, että kai-

killä kurssin käyneillä jäisi mieleen päällimmäisenä positiivinen kuva kokonaisuudesta ja olisi virinnyt innostus biodieselin tuotantoon ja käyttöön.

Jotta biodieselin valmistusperiaate selviäsi opiskelijoille, tulisi havainnollistamisen vuoksi valmistaa pieni erä biodieseliä käsin ja sen lisäksi käydä periaate läpi myös Bioenergiakeskuksen prosessilaitteistolla. Parasta olisi, jos jokainen opiskelija saisi itse valmistaa ohjeiden mukaan pienen määrän biodieseliä ja tuotoksensa saisi myös mukaansa. Käytännön opetuksessa tulee muistaa työturvallisuus, joka pitää sisällään myös suojavaatetuksen. Jokaisella osallistujalla tulisi olla hengityssuojain, kumihanskat, suojalasit ja mielellään myös esiliina roiskeiden varalta.

Ensimmäinen koulutuspäivä

Ensimmäisellä kerralla on hyvä aloittaa teorialla kuulijakunnan lähtötietotason mukaan. Aikaa tälle osuudelle tulisi varata noin 5 tuntia. Eteneminen voisi tapahtua seuraavien otsikoiden mukaisesti, painottaen eri aiheita opiskelijaryhmän kiinnostuksen mukaisesti.

- Mitä biodiesel on
- Käyttöominaisuudet yleisesti
- Käyttö ja tilanne Suomessa ja muualla maailmassa
- Biodieselin verotus, sitä koskeva lainsäädäntö ja standardit
- Talous – viljelystä valmiiksi biodieseliksi
- Liiketoimintamahdollisuudet
- Soveltuvat raaka-aineet ja niiden käsittely
- Rypsin viljely, sadon käsittely ja logistiikka.

Toinen koulutuspäivä

Toisella kontaktikerralla aloitetaan raaka-aineen puristukseen liittyvällä teorialla, seuraavien aiheiden mukaan. Puristus tekniikkaan tutustutaan teoriassa ja Bioenergiakeskuksen öljynpuristimen avulla käytännössä.

- Puristuksen tekniikat, niiden vaikutus öljyn saantoon ja puristeen laatuun
- Puristeen ja rouheen käyttömahdollisuudet
- Öljyn laatu ja puhdistus, sekä niiden merkitys lopputuotteen laatuun
- Öljyn kylmä- ja lämminpuristus Bioenergiakeskuksen puristimella

Puristukseen ja sen teoriaosuuteen varataan noin 2 tuntia. Toisena koulutuspäivänä voidaan jatkaa aloittamalla esteröintiprosessin opiskelu. Siinä on tarpeellista perehtyä seuraaviin aiheisiin teoriassa.

- Mitä esteröinti on, mitä siinä tapahtuu ja minkälaiset biodieselin käyttöominaisuudet prosessilla voidaan saavuttaa
- Mitä prosessiin tarvitaan
- Työturvallisuus
- Pienen biodiesel erän valmistaminen käsin, yksin tai pareittain
- Laitetaan esteröintiprosessi alulle Bioenergiakeskuksen esteröintilaitteistolla.

Esteröinnin teoriaan on varattava noin 2,5 tuntia ja lisäksi ryhmän koosta riippuen biodieselin valmistuksen havainnollistamiseen varataan noin 1,5 - 2,5 tuntia. Valmistuksen kaikissa vaiheissa on noudatettava työturvallisuusohjeita ja jokaisen on suojauduttava asianmukaisesti. Valmistettaessa pienet, esimerkiksi yhden litran erät biodieseliä, selvitetään ensimmäisessä vaiheessa

tarvittavan katalyytin määrä öljyn pH:n avulla. Tehdään nämä pienet koe-erät samasta öljystä kuin myöhemmin esteröintilaitteistolla tehtävä isompi erä. Kun tarvittavan katalyytin määrä on selvitetty ja mitattu, lisätään se öljyyn sekoittaen ja jätetään sitten odottamaan seuraavaa koulutuspäivää. Pienten erien valmistukseen hyödynnetään Bioenergiakeskuksen laboratoriovälineillä varustettua luokkatilaa. Samaa tilaa voidaan hyödyntää aina testattaessa öljy-eriin tarvittavaa katalyytin määrää.

Päivän lopuksi varataan noin tunti esteröintilaitteistoon tutustumiseen, sen tankkaamiseen ja prosessin käynnistämiseen. Tämä tapahtuu Bioenergiakeskuksen hallitilassa, jossa laitteistot sijaitsevat. Kun aiemmin pieniin öljyeriin käytetty katalyytin määrä oli selvitetty, voidaan nyt samaa määrää käyttää suurempaan erään kertomalla se valmistettavan panoksen koon mukaisesti. Kolmas koulutuspäivä olisi hyvä olla heti toista koulutuspäivää seuraavana päivänä.

Kolmas koulutuspäivä

Koska edellisellä kerralla on laitettu suuremman öljyerän esteröintiprosessi käyntiin, on hyvä jatkaa siitä kertaamalla edellisen kerran tapahtumat ja jatkaa sitten prosessiin tutustumista. Opiskelijat voivat osallistua näin prosessin kaikkiin vaiheisiin, kun prosessilaitteistoa käytetään manuaalisesti. Prosessin aikana lasketaan mm. glyserolia pois. Glyserolin hyödyntämistapoihin tutustutaan teoriassa. Tällä kerralla voidaan edetä opetuksessa seuraavasti.

- Valmistusprosessin alkuvaiheen kertaus, jatketaan valmistusprosessia
- Esteröintiprosessi ja tekniikat: panostyyppinen ja jatkuvatoiminen
- Tutkitaan ja tulkitaan edellisenä päivänä valmistettuja pieniä biodieseleleriä
- Glyseroli ja sen hyödyntäminen

- Loppupäivästä nähdään kuinka suuremman biodieselerän valmistus on onnistunut
- Yhteenveto.

Kolmanteen koulutuspäivään on varattava noin 6 tuntia aikaa. Silloin ehditään nähdä ja tulkita prosessien onnistumista, ja aikaa jää myös keskustelulle. Koulutuksen lopussa on hyvä tehdä kaikista kolmesta päivästä yhteenveto, jossa opittu kokonaisuus tiivistetään.

6 YHTEENVETO

Opinnäytetyön ensimmäisessä vaiheessa selvitettiin biodieselin tuotantoon tarvittavia laitteita ja niiden toimittajia. Hankintaprosessiin pääsin tutustumaan ja osallistumaan mm. laatimalla tarjouspyynnöt ja hankintaan liittyneet pöytäkirjat ja muistiot, BTN:n projektipäällikkö Pekka Äänismaan ohjauksessa. Tarjousten kilpailuttaminen ja hankintaprosessin kaikkien vaiheiden dokumentointi oli yksi tämän työn työläimmistä yksittäisistä vaiheista. Hankinta kilpailutettiin ja dokumentoitiin Jyväskylän ammattikorkeakoulun hankintaohjeistuksen mukaisesti. Hankintaohjeistus mukailee julkisia hankintoja koskevia määräyksiä ja ohjeita. Siinä samalla harjaantui väkisinkin kirjoittamaan asiakirjamalleilla raportteja ja pöytäkirjoja. Ja jos välillä tuntuikin turhautavalta sen kaiken paperimäärän tuottaminen, niin ainakin sain oppia paljon julkisia hankintoja koskevista säännöksistä ja dokumentoinnin merkityksestä julkisissa hankkeissa.

Alkuselvytys on sittemmin johtanut myös laitteistojen tilausten syntymiseen, joten aivan ”turhaan” ei ole pohdittu varsinaista työn aihetta, joka oli kehittää biodieselkoulutusympäristö. Laitteistojen sijoitukseen on tässä työssä esitetty

Saarijärven Kolkanlahdessa sijaitsevaa Bioenergiakeskusta. Siellä oleva hallitila soveltuu loistavasti tilojen ja varusteidensa puolesta biodieselin valmistuksen koulutuskäyttöön ja laitteistojen kiinteään sijoitukseen.

Koulutusympäristön suunnitteluun kuului luontevana osana hahmotella biodiesel aiheelle opetussuunnitelmarunkoa. Tässä käytin täysin omaa opiskelijan näkökulmaani hahmottamalla opetussuunnitelmarunkoa sellaiseksi, kuin ka itse olisin halunnut opiskella tätä aihetta alun perin ja miten edelleen voisin opiskella sitä, vaikka pohjatietoa onkin ehtinyt karttua aiheesta jo jonkin verran. Mielestäni biodieselin valmistusprosessia ei voi oppia tekemättä sitä. Kokonaisuus yksityiskohtineen selviää, ja jää mieleen parhaiten silloin, kun teoria ja käytännön opetus – itse tekemällä ja kokemalla, kulkevat käsi kädessä.

Biodiesel aiheena oli itselleni hyvin mielekäs. Ja aihe on mielestäni erittäin ajankohtainen, sillä biopohjaisten liikennepolttoaineiden osuutta tulisi kasvattaa nykyisestään huomattavasti. Biodieselin tuotantoa ja käyttöä on rajoittanut pääasiassa sen kalliit tuotantokustannukset verrattuna mineraaliöljypohjaisiin polttoaineisiin, ja lisäksi sen korkea verotus. Nyt jos koskaan tulisi myös Suomen valtionhallinnon puolelta tehdä myönnytyksiä mm. verotuksen kohdentamiseksi, jotta biodieselin tuotannon ja käytön laajamittaisempaan käynnistymiseen saataisiin lisäpotkua. Muualla Euroopassa on osattu käyttää menestyksekkäästi taloudellisia ohjauskeinoja uusiutuvien liikennepolttoaineiden käytön lisäämiseksi.

Mielestäni erityisesti maatiloja ajatellen olisi tarpeellista luoda selkeä tietopaketti asiasta ja tarjota valmiita helpohkoja ratkaisuja mm. lyhyt kurssien muodossa, jotta biodieselin tunnettuutta, valmistusta ja käyttöä saataisiin lisättyä tuntuvasti. Viljelijöille siitä syystä, että näin tuotantoa ja samalla tuloja saatai-

siin hajautettua maakuntiin. Näin voitaisiin kasvattaa samalla polttoaineiden ja valkuaisen omavaraisuutta.

Biodieselin käytön ja valmistuksen osalta toimiva tekniikka - viljelystä käyttöön on jo valmiina olemassa. Jokainen viljelijä, joka pystyy tuottamaan viljaa, pystyy myös tuottamaan öljykasveja ja jalostamaan sen itse polttoaineeksi omaan käyttöön tai myyntiin saakka.

LÄHTEET

Aaltonen, R. 2001. Kotimaisen täydennysvalkuaisen tarjonnan toivotaan kasvavan, Rypsi menisi kuin kuumille kiville. [Viitattu 2.4.2005.] Lihatalous 3/2001. [Http://www.ltk.fi/lehti/lehdet/la301.html](http://www.ltk.fi/lehti/lehdet/la301.html)

Alakangas, E. 2000. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. VTT tiedotteita 2045. Espoo: Valtion Teknillinen tutkimuskeskus, 102.

Aro, J. 2005. Öljyala ei usko hinnan nousevan pilviin. [Viitattu 16.4.2005.] Uutispäivä Demari 13.4.2005. [Http://www.demari.fi/Article.jsp?article=1872](http://www.demari.fi/Article.jsp?article=1872)

Ehdotus Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiiviksi liikenteen biopolttoaineiden käytön edistämisestä. 2001. KOM 2001. 547 lopullinen.

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi. 2003. Liikenteen biopolttoaineiden ja muiden uusiutuvien polttoaineiden direktiivi. 2003/30/EY.

Halkilahti, M. 2004. Tulliylitarkastaja, Tampereen tulli. Vs: Biodieselin valmisteverotus. Kirje 12.11.2004, vastaanottaja Tarja Stenman.

Halla, T. 2005. Biodieselistä jätetty lakialoite. [Viitattu 8.5.2005.] Maaseudun Tulevaisuus 8.4.2005. [Http://www.maaseuduntulevaisuus.fi/cgi-bin/weblehti.exe](http://www.maaseuduntulevaisuus.fi/cgi-bin/weblehti.exe)

Hoefliger, M. 2005. Biodiesel in Europe and world-wide. Koulutusaineisto. Habiol AS.

Hyttinen, T. 1997. Bioöljyjen vaihtoesteröintiprosessit. Diplomityö. Oulun Yliopisto, prosessitekniikan osasto. L 1.1.2004/1280/2003. Polttoainemaksulaki.

Niittymaa, V. 2005. Fortum rakentaa biodiesel-tehtaan Porvooseen. [Viitattu 6.5.2005.] Maaseudun Tulevaisuus. 16.2.2005. [Http://www.maaseuduntulevaisuus.fi/cgi-bin/weblehti.exe](http://www.maaseuduntulevaisuus.fi/cgi-bin/weblehti.exe)

Peltokangas, E. 2005. Yrittäjä, Tmi Eko Esko. Puhelinkeskustelu 17.3.2005. Polttoainemaksu, 2004. [Viitattu 20.4.2005.] Ajoneuvohallintokeskus. [Http://www.ake.fi/](http://www.ake.fi/)

Rudolf Diesel. Wikipedia. 2005. [Viitattu 8.4.2005.]

[Http://fi.wikipedia.org/wiki/Rudolf_Diesel](http://fi.wikipedia.org/wiki/Rudolf_Diesel)

Skatter på fordon och drivmedel. Miljöfordon. 2005. [Viitattu 22.4.2005.] Sivua päivitetty 12.4.2005.

[Http://www.miljofordon.se/fakta/index.asp?sTemplate=main.asp&iMenuID=474&iParentMenuID=406](http://www.miljofordon.se/fakta/index.asp?sTemplate=main.asp&iMenuID=474&iParentMenuID=406)

Solio, J. 2004. Biodieselin verotus. [Viitattu 16.4.2005.] Sivua päivitetty 6.9.2004.

[Http://www.biodiesel.fi/](http://www.biodiesel.fi/)

Solio, J. 2005. Bio-öljyt maataloudessa. Peltoenergialuento aineisto. Limetti Oy.

Solio, J. 2005. Esteröintilaitteiston käyttö. Koulutus 13.4.2005. Koria: Limetti Oy.

Solio, J. 2005. Green fuels Fuelmeister 150 LE biodieselprossessorin toiminta- ja käyttöohje. Limetti Oy.

Solio, J. 2005. Toimitusjohtaja, Limetti Oy. Puhelinkeskustelu 9.5.2005.

Tanskanen, H. 2003. RME. Esitelmä. Syksy 2003. Jyväskylän Ammattikorkeakoulu, luonnonvarainstituutti.

Tickell, J., Tickell, K. 1999. From the Fryer to the Fuel Tank –The Complete Guide to Using Vegetable Oil as an Alternative Fuel. Sarasota: Green Teach Publishing, 87.

Valtioneuvoston kirjelmät eduskunnalle. 2002. U11/2002 ja U16/2002.

Öljykasvinviljelijän opas. 2005. [Viitattu 2.4.2005.] Sivua päivitetty 24.3.2005.

<http://www.agronet.fi/rypsi2000/>

LIITTEET

Liite 1. Layout suunnitelma

